Der Golfstrom.

Seine Entstehung

und

sein Einfluss auf das Klima des nordwestlichen Europas.

Vom Gymnasiallehrer

Dr. H. Lämmerhirt.

Wissenschaftliche Beilage

zum

Programm des Gymnasiums und der Realschule in Bremerhaven.

Ostern 1887.



Bremerhaven.

Ostern 1887.

1887. Programm Nr. 670.


UNIVERSITÄTS- UND LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF



Im vorigen Jahre wurde von mehreren deutschen Zeitungen „ein in Amerika vor kurzem aufgetauchtes Project“ besprochen, welches „eine Aufbesserung des sehr schlechten Klimas der Ostküste durch Ablenkung der an derselben dahinstreichenden kalten Polarströmung“ herbeiführen soll, und daran folgende Betrachtung geknüpft: „Diese Strömung kommt von dem unwirtlichen Meere, welches Grönland im Westen begrenzt, und zieht durch die sehr schmale Belle-Isle-Strasse zwischen Labrador und Neufundland. Gelänge es, diese Strasse durch einen Damm abzusperren, so würde der Strom seinen Weg östlich dieser Insel nehmen müssen, die Küsten der bewohnten Teile Nordamerikas nicht mehr erreichen und, was noch wichtiger ist, den warmen Golfstrom, mit dem er zusammentrifft, nicht mehr von diesen Küsten ablenken, wodurch deren Temperaturdurchschnitt um viele Grade verbessert würde. Technisch ausführbar erscheint nach den vorliegenden Berichten die Sache; es fragt sich aber, ob die europäischen Mächte nicht ihr Veto einlegen würden. Die Ablenkung der Polarströmung könnte nämlich leicht die Folge haben, dass der Golfstrom nach Süden gedrängt wird, alsdann Europas Küsten nicht mehr bespült, was uns zu einem sibirischen Klima verhülfe, für welches sich nur die enragierten Liebhaber des Eissportes begeistern dürften.“ Viele Leser dieser Zeitungsberichte, welche nur eine oberflächliche Vorstellung von jenen Strömungsverhältnissen haben, mögen schon in Gedanken sich in jene Zeiten versetzt haben, da Deutschland und Nordwesteuropa ihre Eiszeit hatten; halb zweifelnd, halb ängstlich stellte ihnen vielleicht die geschäftige Phantasie grosse Kämpfe zwischen Europa und Amerika um den status quo vor Augen. Viele aber, denen Ursprung und Wesen der atlantischen Strömungen genauer bekannt sind, werden mit dem Kopfe geschüttelt und die Leichtgläubigkeit oder auch die Phantasie der Nordamerikaner belächelt haben. Denn jenen ist es schon längst bekannt, dass der kleine Arm der Labrador-Strömung, der zwischen Labrador und Neufundland hindurchgeht, gar nicht in Betracht kommt gegen die mächtigen arktischen Wassermassen, die östlich von Neufundland vorüberströmen und zwischen dem 40.° und 50.° n. Br.[1]) und desgleichen w. L. vergeblich versuchen, den Golfstrom von seiner Richtung auf die Dauer abzulenken. Vielmehr tauchen die polaren Wasser zum grössten Teile unter den Golfstrom, zum geringeren Teile werden sie, vielleicht auch durch die Erdrotation, nach Westen hin abgelenkt und bespülen die Küste Nordamerikas bis zum Cap Hatteras als Oberflächenstrom. Jedenfalls aber hat jener amerikanische Humbug den Erfolg gehabt, viele Deutsche respective Westeuropäer auf einen Wohlthäter ihres Landes, wie er von gleicher Bedeutung kaum wieder gefunden werden wird, aufmerksam zu machen und sie zu genaueren Studien über dieses wunderbare Meeresphänomen anzuregen.

[1]) Nach Greenwich.

I. Lauf der nordatlantischen Strömungen.

Bis zum 17. Jahrhundert[1]) waren den Seefahrern die Meeresströmungen ihren Entstehungsgründen nach nicht bekannt, wenn auch nach Kohl[2]) schon die Reihenfolge der Entdeckungen, die mit den Namen Columbus und Cabral verknüpft sind, sich nur aus der freilich unbewussten Benutzung der Meeresströmungen erklären lässt. Als aber die Thatsache, dass die Schiffe mit Benutzung der atlantischen Strömungen 14 Tage sparten, durch eine Fülle von Einzelbeobachtungen festgestellt war, ging man auch von theoretischer Seite daran, eine Erklärung dieser Strömungen zu versuchen. Solche Arbeiten über die Entstehungsursache der Meeresströmungen im atlantischen Ocean und speciell des Golfstromes liegen in grosser Fülle vor, viele von ihnen aber — die ältesten meistenteils — sind schon deswegen verfehlt, weil sie von ganz falschen Voraussetzungen, von einer falschen Auffassung des Laufes, der Richtung und der Temperaturverhältnisse ausgingen. Daher herrschte schon immer und besonders in der letzten Zeit das Bestreben, für jene theoretischen Betrachtungen practische Untersuchungen der atlantischen Strömungen als Grundlage zu schaffen. Dies ist in den letzten Jahren besonders von Amerika aus und durch deutsche Kriegsschiffe geschehen. Ehe ich daher auf die Frage nach der Entstehungsursache der atlantischen Strömungen resp. des Golfstroms näher eingehe, sei es mir gestattet, den Lauf und die Richtung derselben nach den neuesten Darstellungen zu beschreiben. Ich folge dabei den Angaben, welche auf Grund der Beobachtungen der Challenger-Expedition resp. J. R. Bartletts von Professor Krümmel[3]) und in Petermanns Mitteilungen 1883, 1. Heft[4]) gemacht sind.

A. Die Aequatorialströmungen. Die Bewegungen der Oceane bieten zwei Erscheinungsformen: 1. wellenförmige Bewegungen, welche wiederum in Windwellen und in Gezeiten zerfallen; 2. die fortschreitenden Bewegungen, d. h. Strömungen. Die umfassendsten der letzteren im atlantischen Ocean sind die Aequatorialströmungen.

Südlich vom Aequator nämlich und westlich vom Meridian von Greenwich vereinigen sich die letzten Ausläufer des Benguelastromes mit dem von Süden herkommenden Brasilienverbindungsstrome und wenden sich nach Westen bis zum 30.° w. L. unter dem Namen südlicher Aequatorialstrom. Seine Ausdehnung hängt ganz von der Jahreszeit ab: Juni, Juli, August, September, November, December reicht er am weitesten nach Norden[5]). Östlich vom Kap S. Roque teilt sich dieser Strom in zwei Arme: der eine fliesst an der brasilischen Küste entlang nach SSW. und wird durch die Falklandsstrasse und Kap Horn-Strasse genötigt, nach Osten abzubiegen und dadurch eine Circulationsströmung zu bilden, deren Wasser, wie schon oben bemerkt, mit der Benguelaströmung zusammen den südlichen Aequatorialstrom bildet.

Der andere Arm fliesst vom Kap S. Roque nach WNW. an der Nordostküste Südamerikas entlang und wird auch Guianastrom genannt. Mit diesem vereinigt sich oder richtiger an diesen schliesst sich nördlich an (etwa vom 40° w. L.) die nördliche Aequatorialströmung[6]). Diese lässt die kleinen und grossen Antillen südlich liegen, wenn sie auch Verbindungsarme durch die zwischen den Antillen liegenden Meeresstrassen sendet, und bildet die sogenannte Antillenströmung. Ihr Südrand berührt die Bahama-Inseln, weiter nördlich erhält sie ihre Richtung und Ablenkung durch den Floridastrom. Dagegen geht der südlichste Arm dieses vereinigten Stromes zwischen Tabago und der Küste von Venezuela längs derselben nach Westen, der südliche Hauptteil selbst aber fliesst durch die Passagen zwischen den kleinen Antillen resp. den Grenadinen in das caraibische Meer.

---

[1]) 1650 schrieb der Deutsche Varenius ein Buch über die Meeresströmungen.
[2]) Geschichte des Golfstroms.
[3]) in der Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie S. 157 u. fg.
[4]) wieder abgedruckt in der Zeitschrift für Schulgeographie IV. Jahrg., 6. Heft, S. 271 u. fg.
[5]) nach dem Segelhandbuch für den atlant. Ocean, herausgegeben von der deutschen Seewarte.
[6]) Die eigentümliche Küstenbildung Südamerikas, die durch die Lage des Kap S. Roque südlich vom Aequator ihre schärfste Beleuchtung erhält, hat zur Folge, dass die warme Aequatorialströmung zum grössten Teile auf die nördliche Halbkugel gedrängt wird, so dass die Oberflächentemperatur des nordatlantischen Oceans sich im Jahresdurchschnitt beträchtlich höher stellt als jene des südatlantischen.

In der Yucatanstrasse wendet sich der ganze südliche Hauptstrom nach NW. und dann nach NO. und O. in derselben allgemeinen Richtung wie das Yucatan-Plateau. Die früher in den Karten angegebene Strömung, die den ganzen Golf von Mexico völlig umkreisen sollte, ist durch die letztjährigen Messungen und Beobachtungen nicht bestätigt worden.

B. Der Floridastrom. Mit der Wendung nach Osten beginnt die hervorragendste Strömung des atlantischen Oceans, ja aller Weltmeere, die schon sehr bald nach den ersten Entdeckungsfahrten bemerkt [1]) und sogleich vielfach ausgenutzt ist, der Golfstrom oder richtiger der Floridastrom [2]). Örtlich bestimmt würden die Nordküste Cubas und die Tortugas die Ausgangsthore des Floridastromes sein. Seine ausserordentliche Geschwindigkeit und Kraft, mit der er auch entgegenwehende Winde überwindet und die Richtung beständig beibehält, haben zu allen Zeiten das Erstaunen der Laien und den Forschungstrieb der Gelehrten hervorgerufen. Wohl von Keinem wird diesem Teile der atlantischen Meeresströmungen der Begriff der ausgeprägtesten Strömung und eine bedeutend höhere Temperatur abgesprochen; ja auch die intensiv blaue Farbe unterscheidet ihn von dem übrigen Wasser des Oceans. Bis zu den Bahamabänken zieht dieser Strom in östlicher Richtung, um dann in der Strasse von Florida seinen Lauf nordwärts zu nehmen. Zu dieser Abweichung wird er durch die Insel Bemini gezwungen, die zugleich den Strom ausserordentlich einengt und damit eine wesentliche Erhöhung der Geschwindigkeit verursacht. Nachdem er diese Engen von Bemini überwunden hat — die Amerikaner nennen dieses geradezu the outfall — tritt er ins offene Meer und breitet sich aus. Natürlich nehmen damit die Schnelligkeit und die Tiefe der Strömung entsprechend ab. Dass er auch hier noch seine N. z. O. Richtung beibehält, möchte einmal dem Beharrungsvermögen, nicht zum geringsten aber auch dem Andrängen des Antillenstromes zuzuschreiben sein, der gerade dort, wo der Floridastrom die Engen von Bemini und die nordwestlichsten Bahamainseln hinter sich gelassen hat, mit diesem (cf. S. 4 unten) zusammentrifft und teilweise von dem wärmeren Floridawasser überflutet, teilweise ihm zur rechten Seite weiter fliesst. Der westliche Rand des Floridastromes folgt dabei genau parallel der 100 Faden-Linie und zeichnet sogar den Vorsprung des Kap Hatteras in seinem Laufe deutlich ab [3]). Von hier ab beginnen die ersten Spuren seiner Teilung und Spaltung: es zeigen sich die sog. kalten Bänder, die man früher [4]) für die Spuren polaren Wassers ansah und demgemäss auch sogar mit entgegengesetzter Richtung ausstattete. Nach den neueren Untersuchungen jedoch sind diese Bänder weiter nichts als Streifen der Antillenströmung, die langsamer fliessen als der über resp. neben ihnen befindliche Floridastrom. Dass diese „Kaltwasserstreifen", wie noch Jarz sie nach dem Vorgange von Kohl und Berghaus nennt, nicht etwa Splitter des Labradorstromes mit südlicher Stromrichtung sind, sondern eben nur Teile der Antillenströmung, ist überzeugend nachgewiesen in der Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie [5]), woselbst Krümmel darlegt, dass der kalte Strom an der Küste von Halifax im Mai Temperaturen von 2° bis 10° C. habe, während die „kalten" Streifen mitten im Floridastrome nur 3° bis 4° unter den benachbarten „warmen" Streifen blieben und nie unter 18° absoluter Temperatur herunter gingen. Vom 40.·° n. B. und 73.° w. L. werden die schon sehr breiten vereinigten Florida- und Antillenströme durch die Sandbänke von Nantucket und St. Georg und weiterhin von Neuschottland und Neufundland, welche sich weit nach Osten hin vorschieben, ganz nach Osten abgelenkt und haben zugleich den Anprall des polaren Labradorstromes auszuhalten. Derselbe verbreitet sich nach SW. hin über jene eben genannten Sandbänke, muss aber, da er nur einen kleinen Teil seiner Wassermengen südwestlich entsenden kann, mit der Hauptmasse unter den Golfstrom untertauchen. Ob derselbe sich unter der äquatorialen Strömung bis zum Aequator oder nur bis zur Floridastrasse als Strom fortsetzt,

---

[1]) durch den Piloten Alaminos 1519—20, welcher zuerst ein Geschwader nach Yucatan und in den mexicanischen Golf führte. Derselbe benutzte auch zuerst den Golfstrom zur Ueberfahrt nach Spanien.

[2]) cf. Krümmel, die äquatorialen Meeresströmungen des atlantischen Oceans, Seite 10.

[3]) nach dem Segelhandbuch Seite 24.

[4]) Auch noch Jarz in seinen Strömungen des nordatlantischen Oceans mit besonderer Rücksicht des Golfstroms, 1877, Seite 4, pflichtet dieser Ansicht bei.

[5]) Band IV., Seite 161.

ist eine Streitfrage, zu deren endgültiger Entscheidung noch vielfache Temperaturmessungen unterseeischer Art nötig sind.

Wir haben den vereinigten Florida- und Antillenstrom verlassen, als er, gezwungen durch die entgegenstehenden Hindernisse der Sandbänke, jene Schwenkung nach Osten unternahm, die ihn ins völlig offene Meer hinausführt. Hier dürfte der Floridastrom als solcher, etwa unter dem 40.° w. L. sein Ende finden, da hier seine charakteristischen Kennzeichen: Stromstärke und Temperaturhöhe verschwinden. Oder, um uns sachgemässer auszudrücken: hier hat er sich völlig mit der Antillenströmung vereinigt oder ist in sie aufgegangen, nachdem schon vorher in jenen „kalten“ Bändern, die von Westen nach Osten an Zahl und Umfang wesentlich zunehmen, während die Temperaturdifferenz immer geringer wird, die Merkmale der Antillenströmung an die Oberfläche getreten sind. Dass es die letztere ist, die teils durch die ablenkende Kraft der Erdrotation, teils durch das Beharrungsvermögen, teils durch die daselbst herrschenden Westwinde nach Nordosten weitergeführt wird, und nicht der Floridastrom, ist in der schon mehrfach genannten Abhandlung von Prof. Krümmel, Seite 158 u. fg., sowie in der Zeitschrift für Schulgeographie, IV. Jahrg., 6. Heft, Seite 272, nachgewiesen. Denn nach den Tiefseelotungen und Temperaturmessungen der Challenger-Expedition resp. Bartletts ist festgestellt, dass nur ein untergeordneter Teil des warmen Wassers, welches die europäische Westküste bespült, aus dem Golfe von Mexico kommen kann, da das Volumen des Floridastromes nur ein geringer Bruchteil des warmen Wassers ist, welches östlich vom 40° w. L. als Golfstrom[1]) nach Osten strömt.

Auf seinem weiteren Wege schlägt der Golfstrom, wie wir den in den Antillenstrom aufgegangenen Floridastrom zugleich mit ersterem benennen wollen, die verschiedensten Richtungen ein: ein kleinerer Zweig wird als warmer oder West-Grönland-Strom unmittelbar neben der kalten Labrador-Strömung an die Westküste von Grönland geführt und zieht längs dieser weiter, vielleicht zu dieser nordwestlichen Richtung gezwungen durch den polaren Ost-Grönland-Strom. Der südliche Teil des Golfstromes wendet sich nach SO. und wird durch die Küstengestaltung der Pyrenäen-Halbinsel und Afrikas zum Compensationsarm des nördlichen Aequatorialstromes, so dass also vom 45.° n. B. an ein vollständiger Kreislauf der Strömungen vorhanden ist, der auch durch die Tangwiesen der Sargasso-See bewiesen wird. Der andere grosse Teil, gewissermassen das Centrum des ganzen Golfstromes, behält die NO.- resp. O.-Richtung bei und gelangt an die Küsten Britanniens und Irlands, der Faröer, Norwegens und Islands und sendet seine Ausläufer in die Nordsee und den Biscaya.

II. Entstehung des Golfstroms.

Dieser eben geschilderte Lauf der Aequatorial- resp. Golfströmung war wenigstens im allgemeinen den praktischen Seefahrern schon lange bekannt, so dass Kohl in seiner Geschichte des Golfstromes von ihm sagt: „Mit der Entdeckung Amerikas ist er der Regulator der verschiedenen Schiffahrtssysteme des atlantischen Oceans geworden. Die Spanier nahmen seit 1519 bei der Heimreise seine Richtung, bei der Reise nach Westindien von den Azoren aus die Aequatorialströmung. Strömung und Passat führten von Spanien nach den Azoren, Cuba, an Florida vorbei nach Spanien zurück.“ — Aber es hat lange gedauert, bis sich zu diesen praktischen Erfahrungen auch die theoretische Betrachtung und Untersuchung über die Entstehungsgründe dieser wichtigsten aller Meeresstrassen gesellte. Wohl die erste Ansicht über die Entstehungsursachen des Floridastromes lief darauf hinaus, dass der Mississippi der Vater des „Golfstromes“ sei. Die Unhaltbarkeit dieser Auffassung hat Livingstone nachgewiesen, indem er darauf aufmerksam machte, dass der Mississippi nicht den 3000sten Teil (nach den neuesten Messungen wohl zu hoch gegriffen) jener Wassermassen in den Golf von Mexico ergiesse, die durch die Engen von Bemini in den Ocean hinausgeführt werden. Dazu sei das Wasser des Mississippi süss, das Wasser des „Golfstromes“ aber noch salzhaltiger als das seiner Umgebung.

---

[1]) Im Segelhandbuch, Seite 24 u. fg., wird das Quantitätsverhältnis zwischen Florida- und Antillenstrom auf 1:8 berechnet.

Später wurde eine grosse Zahl verschiedener Theorien aufgestellt, die meistenteils entweder auf dem äusserlichen Vorgange der mechanischen Ausgleichung des Niveau-Unterschiedes oder auf dem innerlichen Processe der Herstellung des Gleichgewichtes beruhen. Solche Störung des Niveaus wird nach den einen durch die Attraction des Mondes und die dadurch erzeugte Flutströmung, nach anderen durch die Erdrotation, nach anderen durch die von den Passatwinden in den Golf von Mexico hineingetriebenen Wassermassen, nach anderen durch Unterschiede des specifischen Gewichts und der Temperatur direct verursacht. — Das auf physicalischen Gesetzen beruhende Streben nach Herstellung des innerlichen Gleichgewichts aber wird wiederum von anderen dem Unterschiede des specifischen Gewichtes und der Temperatur zugeschrieben. Noch andere wollen durch eine Combination mehrerer der eben angeführten Kräfte das Problem der Aequatorial- resp. Golfströmung lösen. Ich will nun in der eben angegebenen Reihenfolge diese aufgestellten Entstehungsgründe beleuchten.

A. Niveau-Erhöhungen.

1. Wirkung der Attractionskraft resp. der Flutströmungen. Um mit der Ansicht des russischen Marinekapitains v. Schilling[1]) zu beginnen, die wohl ziemlich allseitig zurückgewiesen ist, so hat derselbe alle Strömungen in Luft und Meer der Anziehung des Mondes und der Sonne zugeschrieben. Er stellt also die Behauptung auf, die Aequatorialströmung sei nichts anderes als eine Flutströmung, die dann durch die Küstengestaltung nach N. oder S. weitergeführt werde. Also hätten Mond und Sonne das Bestreben, vermittelst der Gezeiten Wasser polwärts zu versetzen. In ähnlicher Weise hat auch Schmick[2]) und diesem folgend Witte[3]) angenommen, dass die Attraction des Mondes und der Sonne das Wasser nach Westen führe, und dass von dieser Wirkung diejenige Halbkugel stärker betroffen werde, über welcher jene Gestirne stehen. Freilich fassen die beiden letzteren die Attraction nicht als die Grundursache der Meeresströmungen auf; Schilling selbst aber spricht der Attraction diese primäre Kraft zu, da Mond und Sonne das Bestreben hätten, die Wassermassen in der Richtung ihres scheinbaren Laufes mitzuziehen und, wo natürliche Hindernisse dies unmöglich machen, sie nach N. oder S. hinzuführen. Dagegen macht Mühry[4]) mit Recht darauf aufmerksam, dass die Flutbewegung, welche täglich zweimal die Erde umkreist, ganz verschieden ist von den Meeresströmungen. Denn die Ebbe- und Flutbewegungen machen sich in allen Meeren geltend bis in die Binnenmeere hinein, die nur in geringem Masse mit den Oceanen zusammenhängen; aber sie sind überhaupt nicht Fortbewegungen des Wassers, sondern nur Wellen, d. h. Schwingungen. Dazu äussern diese Flutwellen ihre höchste Kraft an den Küsten, die geringste aber im offenen Ocean.[5]) Und wie sollten wir dann jene Polarströme mit östlicher Richtung und die Circulationsströme des atlantischen Oceans mit ebenfalls östlicher Richtung erklären, die doch gegen die Flutwelle gerichtet sind? Wie sollten im nördlichen und südlichen atlantischen Ocean solchen Flutströmungen gerade die weiten Flächen der Oceanmitte sich entziehen können? Wenn die Flut wirklich Meeresströmungen hervorruft, wo kommen dann mitten auf den Oceanen die Tangwiesen und Sargassosee-Bildungen her? Denn die undulierenden Bewegungen der Ebbe und Flut werden natürlich auch hier gefunden, nur beweist hier der Augenschein, dass sie nicht die von Schilling behaupteten Folgen haben. Und wenn nun die Attraction solche Folgen hätte, dann müsste doch das Niveau des atlantischen Oceans an der amerikanischen Seite steigen und wesentlich höher sein, als die europäisch-afrikanische Meeresseite. Statt dessen finden wir mitten in den Meeresströmungen ebenso wie an den östlichen Ufern das Steigen und Fallen des Wassers je nach Ebbe- und Flutzeit, also eine vertical-undulierende neben der aus anderen Gründen erfolgenden horizontalen Bewegung. Dazu hat der Mond,

---

[1]) Schilling, die beständigen Strömungen in der Luft und im Meere; Versuch, dieselben auf eine gemeinsame Ursache zurückzuführen.
[2]) Die Gezeiten.
[3]) Meeresströmungen, S. 11.
[4]) Ueber die Lehre von den Meeresströmungen, S. 9.
[5]) Vergl. W. Weber, Wellenlehre, S. 106.

der doch die Hauptrolle bei der Attraction spielen müsste, bisweilen sehr grosse Declination, so dass sich das ganze Aequator-Stromsystem sehr stark verschieben müsste.

Es steht also die Ansicht Schillings mit den anerkanntesten Thatsachen und Lehrsätzen der Meteorologie und Oceanographie im Widerspruch.

2. Wirkung der Rotationskraft. Nach dem Vorgange Keplers und Kants haben Mühry[1]) und Jarz[2]) die Ansicht aufgestellt, dass die westlich gerichteten, oder wie Mühry sie zum Unterschiede von den polwärts gehenden nennt, die longitudinalen Meeresströmungen ihre Ursache fänden in der Rotation der Erdkugel um ihre Achse. Denn in Folge des Trägheitsgesetzes könnten die leichtverschiebbaren Wasserteilchen der Gewässer nicht die volle Rotationsgeschwindigkeit der Erde erreichen, blieben also um den Aequator herum hinter der Bewegungsschnelligkeit der festen Erdteile zurück und erzeugten so einen westwärts gerichteten Strom, der nur durch die Gestaltung der Küsten diese westliche Richtung verliere. Aus dieser den Gesetzen der Mechanik entnommenen Anschauung entwickelt dann Jarz noch folgende Folgerungen und prüft ihre Berechtigung auf Grund practischer Untersuchungen:

a. Die Geschwindigkeit der Strömung muss am Aequator selbst als dem grössten Parallelkreise auch am grössten sein und nördlich und südlich von der Linie abnehmen.
b. Die Geschwindigkeit der Aequatorialströmung muss auch gegen die Tiefe zu abnehmen nach dem Gesetze, dass die Rotationsgeschwindigkeit proportional mit der Entfernung von der Umdrehungsachse zu- oder abnimmt.
c. Es muss durch den Abgang dieser ungeheuren Wassermassen eine Kraft erzeugt werden, welche für den Mangel Ersatz herbeizuschaffen bestrebt ist, sei es durch Zurückziehen der ursprünglichen Wasser, oder wenn solche wegen anderweitigen Abflusses nicht hinreichen, durch Herbeiziehung fremden Meerwassers; und es muss die Kraft an der Stelle ihres Ursprunges die grösste Intensität haben.

In logischer Folge dieser Ansichten hätten wir also eine westliche Strömung in das karaibische Meer zu erwarten und den Golfstrom als die natürliche Abflussströmung dieser im Westen angesammelten ungeheuren Wassermassen anzunehmen und solche Meinung auch bei Jarz vorauszusetzen. Statt dessen aber behauptet er, dass der Golfstrom nicht durch den Aequatorialstrom verursacht werde, somit auch nicht als dessen Fortsetzung im eigentlichen Sinne des Wortes betrachtet werden könne. Zunächst wollen wir die weitere wunderliche Meinung von Jarz[3]), dass die Erdrotation auf die Richtung des Golfstroms durchaus keinen nach Osten, sondern nur einen nach Westen ablenkenden Einfluss habe, völlig unbeachtet lassen, denn er setzt sich dadurch in Widerspruch nicht nur mit den allgemeinen Ansichten über Rotationsgesetze, sondern auch mit seinen eignen in derselben Sache entwickelten Meinungen. Oder sollte das Gesetz: Fliesst eine Strömung vom Aequator nach den Polen, so kommt sie aus Breitengraden von grösserer Rotationsgeschwindigkeit in solche von geringerer, behält aber ihre grössere Geschwindigkeit zunächst bei und muss daher der Drehung der Erde voraus nach Osten zu eilen suchen, d. h. das Bestreben haben, nördlich nach rechts, südlich nach links auszubiegen, das auf denselben Anschauungen beruht wie die oben von Mühry und Jarz entwickelte Lehre, am Aequator gelten nur in äquatorialer aber nicht in meridionaler Richtung? Doch lassen wir diese Frage als bedeutungslos fallen und kehren wir zu den Folgerungen von Jarz zurück.

Mit denselben giebt er seinen Gegnern selbst die Kampfesmittel in die Hand. Denn es ist durch die Beobachtung und Erfahrung nachgewiesen, dass die Wirkungen der Rotationskraft überhaupt sehr übertrieben werden und gegenüber der Küstenbildung und Meeresbodengestaltung nicht allzusehr ins Gewicht fallen. Denn wenn auch „uranfänglich" das Meer in Folge seiner geringeren Dichtigkeit das Bestreben gehabt hat, nach Westen hin zurückzubleiben, so hat sich dasselbe doch im Laufe der Jahrtausende der Rotationsrichtung und Geschwindigkeit der Erde anpassen müssen. Wenn also die meisten Gelehrten der Erdrotation

[1]) Meeresströmungen, S. 2 fl.
[2]) Strömungen im nordatlantischen Ocean, mit besonderer Rücksicht des Golfstroms, S. 40 fg.
[3]) S. 68.

einen gewissen Einfluss auf die Richtung der Meeresströmungen einräumen, so sind damit nur die meridional oder vertical sich fortbewegenden Wassermengen gemeint, die eben die ihnen eigene Rotationsgeschwindigkeit bei ihrer Bewegung nach Norden oder Süden gegen eine grössere oder geringere aufzugeben gezwungen werden. Dass aber die Erdrotation gerade am Aequator keine westliche Strömung hervorrufen muss, das beweist am besten der östlich ziehende Guineastrom, der zwischen die beiden Aequatorialströme eingebettet ist. Jarz hat wohl selbst das Gefühl gehabt, dass seine Darlegungen nicht beweiskräftig seien; denn er nimmt auf S. 73 seiner Abhandlung zu dem durch die Erdrotation erhöhten Niveau auch noch vergrössertes Volumen und grössere specifische Schwere des Golfwassers zu Hülfe.

Aus gleichen Gründen haben auch andere Erklärer der äquatorialen und Golf-Strömung davon abgesehen, die Erdrotation als die primäre Ursache dieser Strömungen anzuführen, vielmehr nur als einen helfenden Factor anderen geltend gemachten Entstehungs-Ursachen beigesellt. Besonders sind dies Metger[1]), Witte[2]), Hoffmann[3]).

3. Wirkung der Passatwinde. Als wichtigsten Factor resp. auch als alleinigen Entstehungsgrund für die äquatorialen Meeresströmungen und die Niveau-Erhöhungen im Golf von Mexico haben andere die Wirkung der Passatwinde angesehen. So betonen eine wesentliche Mithülfe der Passatwinde bei Erzeugung des Golfstroms Koerner[4]), Gelcich[5]), Mohn[6]), Witte[7]), während viele andere dem Vorgange Franklins folgten und die Passatwinde als die eigentlichen Urheber der äquatorialen und Golf-Strömung annahmen.

Als Resultat mehrjähriger Beobachtungen stellte Franklin[8]) nämlich die Ansicht auf, dass die Passatwinde mächtige Wassermassen in den Golf von Mexico einführten, dort das Niveau erhöhten und dadurch das Bestreben hervorriefen, einen Ausgleich nach Norden hin zu suchen, da die Küstenbildung nur diesen Weg gestattete. Seine Lehre fand viele Anhänger und Verteidiger und wurde besonders von den Engländern ziemlich allgemein gut geheissen. Herschel, Carpenter, Laugthon, Thomson, Croll[9]) nahmen sie an; Rennel[10]) und Lommel[11]) verteidigten sie auf das wärmste. Rennel glaubte dabei 2 Arten von Strömungen unterscheiden zu müssen: Ströme = stream-currents und Driftströmungen (drift-currents). Zu der ersten Klasse rechnete er die tiefen und in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit beständigen Bewegungen, während er die Driftströmungen als unstetige Oberflächenströmungen auffasste. Nur die letzteren sollten unmittelbar der Wirkung der Winde unterliegen und als Vorbedingung dieselben haben, während die ersteren als Folge der letzteren Abflussströmungen seien.

Auch von den Gegnern Franklins und seiner Theorie wird ein mehr oder minder bedeutender Einfluss der Passate nicht geläugnet. Schon Maury[12]) bestreitet nicht, dass die Aequatorialgewässer in Folge des auf sie wirkenden Passatwindes als Oberflächenströmung in die karaibische See eintreten, wenn er auch den Satz verficht: stärkere Salzsättigung, grössere spezifische Schwere der Fluten des Golfs und der karaibischen See seien die Quelle

---

[1]) Nautische Geographie, S. 113.
[2]) Über Meeresströmungen, S. 24 fg.
[3]) Zur Mechanik der Meeresströmungen an der Oberfläche der Oceane, S. 49.
[4]) S. 315.
[5]) Grundzüge der physischen Geographie des Meeres, S. 131 fg.
[6]) Grundzüge der Meteorologie S. 167.
[7]) S. 25.
[8]) Franklin sollte der Regierung in London erklären, warum englische Schiffe 14 Tage mehr gebrauchten, um nach New-York, als die amerikanischen Schiffe, um nach London zu gelangen. Franklin fragte den Capitain Folger, einen Walfischfahrer aus Nantucket und gab dann den Golfstrom als Ursache an. Da derselbe weiterhin in den Freiheitskämpfen Nordamerikas eine bedeutende Rolle spielte, insofern als sein eigentümliches Wesen den Amerikanern bekannt war und auch von ihnen ausgenutzt wurde, während die Engländer ohne rechte Kenntnis seiner Verhältnisse vielfachen Schaden durch ihn erlitten, machte sich Franklin daran, über die Ursachen dieses wichtigsten aller Meeresströme genaue Untersuchungen anzustellen.
[9]) cf. Krümmel, die äquatorialen Meeresströmungen des atlantischen Oceans und das allgemeine System der Meerescirculation, S. 33.
[10]) bei Krümmel, S. 27.
[11]) bei Jarz, S. 64.
[12]) Physische Geographie der Erde, übersetzt von Böttger.

der Anfangsgeschwindigkeit des Golfstroms. Auch Mühry will die Wirkung der Passate nicht verkannt sehen, hält aber für unwahrscheinlich, dass der zwar ziemlich ständige, aber doch nicht starke Passatwind so mächtige Schichten des Meeres fortschiebe. Dies werde noch unwahrscheinlicher dadurch gemacht, dass die Stärke der Meeresströmungen nach dem Aequator zu zunehme, während die Kraft der Passatwinde je näher dem Aequator um so mehr abnehme. Auch spreche gegen diese Annahme das Dasein der so mächtigen polarischen Strömungen.

Findlay[1]) dagegen und Krümmel halten die Passatwinde nicht für kräftig genug, um tiefer als 5—6 Faden eine Oberflächenströmung hervorzurufen, eine Wirkung, die gegenüber der ungeheuren Erscheinung des Golfstroms nicht besonders in Betracht käme. Auch wäre es nicht möglich, bei Annahme der Passatwinde als der Urheber der Strömung das Aufsteigen des kalten Wassers unter dem Aequator zu erklären. Freilich räumt letzterer ein, dass die offenbar vorwaltende Aehnlichkeit und Gleichzeitigkeit zwischen den Strömungen und den periodischen Schwankungen der Passate auffallend sei. Aber wir können ihm an und für sich auch nicht Unrecht geben, wenn er sagt, dass eine blosse Aehnlichkeit und Gleichzeitigkeit zweier Phänomene noch keinen Causalnexus zwischen ihnen nötig mache.

Am schroffsten spricht sich Jarz[2]) dagegen aus, dass die Passatwinde den Golfstrom hervorbrächten. Denn wir sahen schon oben bei Besprechung der Erdrotation als des vermeintlichen Erzeugers der atlantischen Strömungen, dass Jarz dieselbe nur als Urheber der Aequatorial-Strömung gelten lassen will, allerdings neben anderen Einflüssen, zu denen er auch die Passate rechnet. Aber er bestreitet den Einfluss der letzteren auf den Golfstrom völlig. Denn wie schon oben bemerkt, betrachtet er den Golfstrom nicht als eine Fortsetzung des Aequatorialstroms. Vielmehr nimmt er für die meridionalen Strömungen die Wirkungen des specifischen Gewichts als die eigentliche Ursache an. Wohl aber hat ein anderer Gegner der Passattheorie das letztere als Erzeuger aller Strömungen aufgestellt, nämlich Witte.

4. Wirkung des Unterschiedes des specifischen Gewichts und der Temperatur. Das specifische Gewicht ist abhängig von der Temperatur und vom Salzgehalte. Denn je niedriger die Temperatur des Wassers ist, desto höher ist das specifische Gewicht; es müsste denn sein, dass dieses kältere Wasser weniger Salzgehalt aufwiese als das wärmere, wodurch wiederum ein Ausgleich herbeigeführt werden kann. Es ist weiterhin Thatsache, die besonders durch Prof. F. L. Ekman[3]) nachgewiesen ist, dass sich selbst in der Nähe einer von Ebbe und Flut erheblich beeinflussten Küste Wasserschichten von verschiedenem specifischen Gewichte sehr langsam mischen. Während nun einige Forscher beide Factoren als gemeinsamen und zusammenwirkenden Antrieb auffassten, legten andere bald mehr Gewicht auf den Salzgehalt, bald mehr auf den Temperatur-Unterschied, gingen also in ihren Ansichten über den eigentlichen Erzeuger noch auseinander.

So giebt Witte (p. 1—7) zu, dass die Verschiedenheit des Salzgehaltes Strömungen hervorrufe, ja er leitet den Ursprung der Strömungen zwischen der Ostsee und dem mittelländischen Meere einerseits und dem offenen Oceane andererseits nur davon her; aber er hält ihren Einfluss in den Oceanen selbst für wesentlich geringer als den directen Einfluss der Wärme. So gelangt er nach Besprechung der einzelnen Theorien seinerseits zu dem Resultate, dass das Wasser unter den Tropen von der Sonne derart erwärmt werde, dass es sich bei der Ausdehnung über sein ursprüngliches Niveau erhebe. Es müsse also eine Circulation eintreten in der Art, dass das Wasser an der Oberfläche vom Aequator zu den Polen hin, in der Tiefe aber von den Polen zum Aequator fliesse. Dabei betont er besonders, dass ein derartiger Kreislauf wirklich da sei, da ja dessen Vorhandensein durch die Temperaturbeobachtungen von Lenz nachgewiesen sei[4]). Diese Circulation hätten wir also im Gegensatze zu einer noch später zu besprechenden als eine horizontale Ab- resp. Zuflusströmung aufzufassen. —

Bis jetzt glauben wir nachgewiesen zu haben, dass eine Niveauerhöhung weder durch die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne, noch durch die Erdrotation hervor-

---

[1]) bei Krümmel, S. 33.
[2]) S. 68.
[3]) bei Witte, S. 6.
[4]) auf der von der russischen Admiralität veranstalteten wissenschaftlichen Reise um die Erde.

gerufen werde, wenigstens nicht in dem Sinne, dass die Fortbewegung der Aequatorialströmung nach Westen und eine dadurch möglicherweise entstehende Niveauerhöhung durch die genannten Kräfte verursacht werde. Offengelassen dagegen war bis jetzt die Frage, ob nicht die Passatwinde durch Weiterschieben der Aequatorial-Gewässer oder der Unterschied der Temperatur resp. des spezifischen Gewichts eine solche Niveauerhöhung herbeiführen könnte. Es würde also nun zu untersuchen sein, ob diese Niveaudifferenz, die sich möglicherweise zwischen Aequator und Polen bilden könnte, genug Kraft in sich birgt, solche Meeresströmungen, wie den Golfstrom, zu erzeugen. Als zustimmende Zeugen führt Witte Colding[1]) an, welcher auszurechnen sucht, dass 5 Meter Stromdifferenz zwischen den tropischen und arctischen Gewässern genügen, um selbst einen Golfstrom unter Hinzunahme der mitwirkenden Kräfte als Küstenbildung etc. zu erzeugen. Auch Mühry[2]) zeigt sich dieser Abflusstheorie nicht abgeneigt, da er neben dem Bestreben nach unmittelbarem Ausgleich des Temperaturunterschiedes an anderer Stelle auch ein höheres Niveau in Folge verminderter Schwerkraft am Aequator für einen möglichen Motor hält. Ebenso legt Mohn[3]) bei der Vergleichung der Kräfte, wie sie in dem Salzgehalt und der Temperatur liegen, der letzteren das Hauptgewicht bei und stellt den Lehrsatz auf, dass das leichtere Wasser unter dem Aequator sich auf einen höheren Wasserstand erheben werde, als das dichtere und schwerere Wasser der Polarmeere; demgemäss müsse das Wasser am Aequator nach den Polen zu gerade so abfliessen, wie das Wasser eines Flusses vom Berge zum Thale strömte. In den tieferen Meeresschichten dagegen werde das polare Wasser zum Aequator hinströmen, um den Ausgleich herbeizuführen. Und ganz ähnlich lauten die Schlussfolgerungen Gelcichs[4]).

Hoffmann[5]) hat nun diese Frage einer sehr ausführlichen Untersuchung unterzogen, gelangt aber im Verlaufe derselben zu einem abweisenden Ergebnis. Da mir dasselbe die wesentlichsten Gründe gegen die Annahme, die Niveaudifferenz sei die Impulsivkraft des Golfstroms, zu enthalten scheint, so sei es mir gestattet, dieselben zu adoptieren und mit kurzen Worten darzulegen. Hoffmann fasst zunächst die Ursachen in's Auge, welche eine Störung des Niveau-Gleichgewichts im Ocean herbeiführen können, und nennt als solche Niederschläge, Verdunstung und dadurch bedingte Aenderung des specifischen Gewichts, Windstau und Aenderungen des auf der Oberfläche lastenden atmosphärischen Drucks. Störung des Niveaus bedinge einen Ausgleich, der durch Strömungen herbeigeführt werde. Dabei werde im offenen Ocean ein geringeres Gefälle nötig sein zur Erzeugung eines Stromes als in einem Kanale. Es werde sich also nur um die Frage handeln, ob jener Niveau-Unterschied so bedeutend sei, um Strömungen von solcher Geschwindigkeit und in solcher Grösse resp. Kraftentwickelung zu erzeugen und trotz der Reibung deren lebendige Kraft zu erhalten. Mit anderen Worten: es müssten ganz erhebliche Gleichgewichtsstörungen an der Meeresoberfläche vor sich gehen, um jene Phänomene des atlantischen Meeres resp. der Oceane überhaupt zu ermöglichen. Betrachte man nun die Wirkungen, welche Windstau, Verdunstung, Erwärmung etc. thatsächlich ausübten, so dürften dieselben doch zusammen auch nicht im entferntesten solch imposante Kraft in sich enthalten. Denn bei den grossen Entfernungen zwischen Pol und Aequator müsste ein Gefälle, wie es die messbaren Oberflächenströme verlangen, vorhanden sein, das mindestens auf einer Niveaudifferenz von 60 m. zwischen Aequator und Pol beruhte. Denn 60 m. Differenz seien erst im Stande, eine Strömung von 1 Seemeile Geschwindigkeit hervorzurufen. Mit dieser Auseinandersetzung folgt Hoffmann ganz und gar den Darlegungen Maurys, der ebenfalls zugiebt, dass das Niveau im Golf von Mexico, und zwar durch die beständige Kraft der Passatwinde, erhöht werden könne, aber durchaus bestreitet, dass der Druck des höheren Niveaus einen Strom von solcher Mächtigkeit über 3000 Meilen nach Norden resp. Osten treiben könne. Und wenn er hinzusetzt, dass der Golfstrom als Ausfluss des mexicanischen Meeres in Folge des viel höheren Niveaus abwärts

[1]) S. 9.
[2]) S. 3.
[3]) S. 165.
[4]) S. 131.
[5]) S. 15 fg.

fliessen müsste, wenn eben die Niveaudifferenz ausgeglichen werden solle, dass er statt dessen aber genötigt werde, in Folge der Meeresbodengestaltung unterseeisch zu steigen, so ist das ebenfalls ein sehr beachtenswertes Moment gegen die Annahme, dass die Niveaudifferenz impulsiv den Golfstrom hervorbringe. Dabei gingen die Verteidiger wie die früheren Gegner der Niveauerhöhung als Erzeugers des Floridastromes noch von der Ansicht aus, dass derselbe der eigentliche Grundstock des ganzen Golfstroms sei. Jetzt aber, wo wir durch die genauen Messungen der Challenger-Expedition und des Dampfers „Blake" festgestellt sehen, dass die Antillenströmung die Hauptmasse ausmacht, während der Floridastrom nur den 8ten Theil der Wassermassen des ersteren mit sich führt, ist die Widerlegung der oben dargelegten Ansichten über die Folgen der Niveauerhöhung noch unanfechtbarer.

B. Gravitationstheorie.

Wir würden nunmehr also die Ansichten derer zu erörtern haben, welche durch die Gravitationstheorie die Frage der Meeresströmungen lösen wollen. Um mit Jarz zu beginnen, dessen Auffassung wir oben[1]) schon andeuteten, so ist derselbe der Ansicht (da er nun einmal nur die äquatorialen Strömungen durch die Erdrotation hervorrufen lässt, während die meridionalen ohne Zusammenhang mit den ersteren ständen), dass der höhere Wärmegrad und die dadurch herbeigeführte Verdunstung in den Tropen die meridionalen Strömungen einzuleiten und zu erhalten vermag; während der verschiedene Salzgehalt des Meeres die meridionalen geradezu zu „fundamentalen" mache. Jarz behauptet im Verfolg dieser Ansichten, dass die Dichtigkeit des Meerwassers an der Oberfläche wie in 900' Tiefe mit der geographischen Breite zunehme und im Polarmeere erheblich grösser sei als unter den Tropen. Da nun eine Compensation des verschiedenen Salzgehalts durch die Temperaturdifferenz zwischen Pol und Aequator nicht bestehe, so müsse das schwere Polarwasser das Bestreben haben, gegen den Aequator hinzufliessen. Befestigt in seinen Ansichten wurde Jarz noch durch die Veröffentlichung der Beobachtungen, welche Freiherr v. Schleinitz[2]) auf Grund gewissenhafter Beobachtungen erhalten haben will, dass nämlich schon ein ganz geringer Unterschied im absoluten specifischen Gewichte eine starke Strömung zu erzeugen im Stande sei. So legt Jarz also das Hauptgewicht auf den verschiedenen Salzgehalt. Denn jede Differenz des specifischen Gewichts sei gleichbedeutend mit Störung des Gleichgewichts, so dass eben das specifisch schwerere Polarwasser dem natürlichen Zuge in die Gegend des specifisch leichteren Wassers folgen, dieses dagegen als Ersatz nach den Polen strömen müsse. Also auf den Golfstrom angewendet, seien es zwei Kräfte, die ihn hervorriefen. Die eine von ihnen müsse die Gewässer des Golfs von Mexico ins offene Meer hinaustreiben und dem Strome seine Anfangsgeschwindigkeit geben, also impulsiv wirken, die andere aber müsse den hinausgetriebenen Strom nach Norden ziehen, also attractiv wirken. Die Impulsivkraft aber werde erzeugt durch die hohe Verdunstung im mexicanischen Golf. Denn in diesem „Kessel", der durch zahlreiche Inseln resp. Einströmungen ganz abgeschlossen sei, würden die Wasser erwärmt, vor allem aber der Salzgehalt vermehrt. Und dann fährt Jarz fort: „Höheres Niveau, vergrössertes Volumen und grössere specifische Schwere des Wassers ohne die Möglichkeit, sich mit dem Oceane ausgleichen zu können wegen der natürlichen Hindernisse, die da gezogen sind von Trinidad bis zum Nordende Cubas, also von allen Seiten gedrückt und gepresst — sind diese Partialkräfte, wenn vereinigt, etwa nicht im Stande, die Golfwasser durch irgend eine passende Oeffnung in den Ocean leichteren Wassers hinauszuschleudern?" Dass aber diese hinausgeschleuderten Wassermassen sich in dem offenen Ocean nicht zerteilen und zersplittern, dafür sorge die Attractionskraft, die den Golfstrom erhalte und nach Norden führe, die Compensationskraft des Polarmeeres. Jarz folgt darin dem Vorgange Maurys[3]), der den Salzgehalt des Meeres „für ein gewaltiges Agens des oceanischen Kreislaufes" hält und in ihm „eine grosse dynamische Gewalt" erblickt. Er berechnet die Verdunstung der in der Passatregion befindlichen Gewässer auf 15' jährlich und meint, dass dieses durch die Verdunstung schwerer gewordene Wasser nun mit vermehrter

[1]) S. 8 dieser Arbeit.
[2]) bei Jarz, S. 66.
[3]) bei Jarz, S. 67.

Cohäsionskraft an einander hange und demgemäss als geschlossener Strom zur Ersetzung des Verlustes dahin fliesse, wo die Teile des Oceans ihren Salzgehalt durch verschiedene Umstände gemindert sehen. Die Behauptung Maurys, dass in den Passatregionen das höchste specifische Gewicht zu finden sei, ist auch durch neuere Forschungen bestätigt worden. Diese Concentrationsflächen sind nach dem Segelhandbuch S. 16 fg. im nordatlantischen Ocean unter 30° nördlicher Breite, 20° westlicher Länge zu suchen und werden daselbst erklärt durch die relativ trockenen und regenarmen Passatwinde, deren klarer Himmel und stetiger Luftzug die Verdunstung an der Meeresoberfläche energisch fördert. Aehnliche Ansichten wie Maury und Jarz entwickeln auch Metger[1]) und Koerner[2]), die den Unterschied des specifischen Gewichts der Gewässer unter dem Aequator und den Polargegenden ebenfalls für bedeutend genug halten, um ein solches Streben nach Ausgleich anzunehmen. Dazu tritt nach Koerner[3]) eine Verstärkung dieser Ausgleichsbestrebungen auch noch dadurch ein, dass die Milliarden von Tieren, Pflanzen, die Koralleninseln etc. unermessliche Vorräte an Kalk und Kieselerde verbrauchen. Wo aber Stoff verbraucht werde, müsse neuer zuströmen.

Auffallend und die Wirkung der Gründe abschwächend ist nun aber schon der Umstand, dass die Verteidiger derselben von einander schroff gegenüberstehenden Anschauungen ausgehen. Denn während Maury und Metger meinen, dass in Folge der Temperatur-Einwirkung das Wasser am Aequator wesentlich dichter sei, als das polare Wasser, schreiben Jarz, Koerner und Blazek die grössere Schwere dem arktischen Wasser zu, lassen also von diesem die bewegende Kraft ausgehen. Weiter führen die Gegner dieser Ansicht noch folgende Erwägungen dagegen an. Der Physiker Professor Lommel[4]) und mit ihm andere behaupten, dass sich der Dichtigkeits-Unterschied zwischen dem tropischen und arktischen Wasser durch den verschiedenen Salzgehalt compensiere. Denn während einerseits das tropische Wasser durch die höhere Temperatur spezifisch leichter werde, gewinne es durch die stärkere Verdunstung wesentlich an Salzgehalt, werde also spezifisch nicht besonders sich ändern. In den polaren Gegenden sei zwar eine Verdunstung kaum vorhanden, dazu würde das Wasser durch die starken Regenniederschläge eine Steigerung des Süsswassergehalts erleiden, wenn nicht dieses kleinere spezifische Gewicht reichlich wieder ausgeglichen werde durch die tiefere Temperatur des Wassers und die Ausscheidung süssen Wassers in Form von Eis. So werden also nur Sommer und Winter einen bemerkbaren Unterschied des Gesamtbildes des spezifischen Gewichtes ergeben, der sich dann auch in dem Vorrücken und Zurückweichen der kalten und warmen Gewässer bemerkbar macht. Witte aber stellt geradezu die Behauptung auf, dass in den Oceanen die Verschiedenheit des Salzgehaltes der Temperatur entgegen wirke[5]). Mühry dagegen stützt sich auf die Untersuchungen Forchhammers, der nachgewiesen zu haben glaubt, dass der Unterschied des Salzgehaltes ein sehr verschwindender unter den verschiedenen Breiten sei, und legt das Hauptgewicht in seiner Untersuchung über die Entstehungsgründe des Golfstroms nicht auf den Unterschied des Salzgehaltes, sondern auf die dauernd bestehende Temperatur-Differenz des Meerwassers zwischen den Polen und dem Aequator. In Folge davon müsse das kältere und daher schwerere polare Wasser nach den Gesetzen der Gravitation fortwährend nach der wärmeren und daher leichteren Aequatorialgegend fliessen. Im Grunde genommen sei es also dieselbe Erscheinung, die auch als Entstehungsursache der Passatwinde längst anerkannt sei. Auch lasse sich so auf die naturgemässeste Weise das Hin- und Zurückströmen des Golf- resp. Polar-Stroms erklären, da beide Bewegungen genau genommen Circulationen seien. Denn jeder vorhandene Meeresstrom müsse secundär einen ihn ersetzenden Rückstrom veranlassen zur Bewahrung des Gleichgewichts.

Nun hat schon Humboldt[6]) darauf aufmerksam gemacht, dass auch in der Tiefe der Tropenmeere eine eisige Temperatur herrsche, die nur aus dem Umstande sich erklären lasse, dass

---

[1]) S. 113.
[2]) S. 313.
[3]) S. 311.
[4]) Bei Jarz S. 64.
[5]) S. 7.
[6]) cf. Krümmel, S. 17.

eben polares Wasser durch Circulation dorthin gelange. Denn ohne diese unterseeische Zuströmung würden die Tropenmeere auch in der Tiefe eine weit höhere Temperatur haben müssen, während die Tiefseelotungen des Challenger und des Blake die früher erwähnten Beobachtungen des Lenz vollinhaltlich bestätigten. —

Alle diese Feststellungen im Verein mit allgemein anerkannten physikalischen Gesetzen haben Krümmel[1]) früher veranlasst, die Annahme einer thermischen Circulation zu adoptieren resp. unter allerdings wesentlichen Modificationen als die natürlichste Erklärung der aequatorialen Strömungen hinzustellen. Er ging zunächst daran, zu untersuchen, wie die Wassermassen der Meere sich bei angenommenem Stillstande der Erde, mit der Sonne über dem Aequator, verhalten würden, und stellte den Satz auf, sie müssten dann das Bild einer thermischen Verticalcirculation darbieten, mit aufsteigenden Gewässern unter dem Aequator und unterseeisch dem Aequator zudrängenden kalten Gewässern. Dadurch nun, dass die Erde ihre rotierende Bewegung innehält, würden diese aufsteigenden Wasserteile in Gebiete schnellerer Bewegung gebracht, als sie selbst näher dem Erdcentrum gehabt haben; so werde sich also eine verticale Wirkung der Erdrotation geltend machen und zwar dadurch, dass am Aequator die aufsteigenden Gewässer nach Westen abgelenkt werden. Damit vereinige sich auf das beste die Erscheinung der 2 Aequatorialströmungen, die das vom Nord- und Südpol unterseeisch zufliessende und vertical aufsteigende Wasser bis zur Oberfläche gelangen liessen, während ebenso natürlich die Guinea-Strömung den Zwischenraum zwischen jenen aufsteigenden, westlich abgelenkten Aequatorialströmungen und der Westküste Afrikas ausfülle, also ausserhalb des Machtbereichs der Erdrotation compensierend nach Osten laufe. Dann ging Krümmel daran zu prüfen, ob diese angenommene thermische Kraft in Verbindung mit der Erdrotation mächtig genug sei, und gelangte zu dem Resultate, dass die westliche Bewegungsrichtung der aequatorialen Meeresrichtung nicht allein auf einer aufsteigenden Bewegung der Gewässer beruhen könne, sondern sich mit einer anderen, der Rotationsrichtung der Erde entgegengesetzten Kraft summieren müsse. Worin diese Kraft zu suchen sei, wusste er damals noch nicht. —

Diese unbekannte Kraft aber, die von den practischen Seefahrern schon seit Generationen wahrgenommen, aber nicht verstanden ist, hat Prof. Zöppritz[2]) nachgewiesen. Derselbe geht von der Erfahrungsthatsache aus, dass ein ständiger Wind, der andauernd über eine Wasserfläche hinweht, auf der Oberfläche Strömungen hervorrufen muss nach derselben Richtung, die der Wind einschlägt. Diese Bewegung der obersten Wasserschicht wird, ohne gerade wellenförmig zu werden, das Bestreben haben, auf Grund des molekularen Zusammenhangs ihre Nachbarschichten in den Gang der Bewegung mit zu verflechten. Hält nun die erregende Kraft, wie das oben angenommen wurde, weiter an, so wird sich diese Bewegung immer weiter übertragen, immer weitere Nachbarschichten ergreifen, da ja alle flüssigen Teilchen unter einander zusammenhangen, also auch den Gesetzen des molekularen Zusammenhangs unterliegen. Immer tiefere Schichten aber werden mit der Zeit dem von oben ausgehenden Antriebe folgen, nur wird ihre Schnelligkeit direct mit der Tiefe abnehmen. Aufhören wird die Bewegung nur dann, wenn entweder der Motor ständig aufhört oder diese fortgesetzte Molekularbewegung auf Widerstand stösst, der verschiedener Art sein kann. Einmal nämlich können Küstenbildung und Meeresboden die natürlichen Hindernisse sein, dann aber ist auch eine in entgegengesetzter Richtung fliessende Wassermasse als ein solches aufzufassen. Zwischen beiden muss natürlich eine Schicht Wassers sein, die gewissermassen als neutrale sich gegen beide Richtungen ablehnend verhält. So erzeugt also der Wind zunächst eine Oberflächenströmung, was wohl von allen Erklärern des Golfstromes in anderem Zusammenhange bereits zugegeben ist; daraus entwickelt sich aber nach genügend langer Zeit eine stationäre, alle Schichten in verticaler Richtung umfassende. Nun wissen wir freilich nichts über die Entstehungszeit der Passatwinde, dürfen aber wohl annehmen, dass sie so lange vor-

---

[1]) Jetzt hat sich Krümmel ganz der unten erörterten Theorie des Professor Zöppritz angeschlossen.
[2]) auszugsweise im Segelhandbuch, S. 24 fg.
bei Gelcich, S. 133—137.
bei Hoffmann, S. 4.

handen sind, als die Erde ihre Rotation nach Osten hin vornimmt, also jedenfalls eine genügend lange Zeit, um den von Zöppritz aufgestellten Ansichten gemäss eine westlich gerichtete Strömung stationär zu erzeugen. Es würde sich also nur um die Frage handeln, die Maury bereits angeregt hat, ob diese Strömung überhaupt habe zu Stande kommen können, trotzdem die Passatwinde nachweislich nicht constant aus derselben Richtung wehen und sogar einige Wochen lang, auf das ganze Jahr gerechnet, anderen Winden Platz machen. Was aber wollen diese wenigen Wochen und die kleineren Verschiebungen der Richtung besagen gegenüber der Thatsache, dass die vorherrschende Richtung der Passate während des ganzen Jahres constant ist. Hat aber eine solche constante in derselben Durchschnittsrichtung wirkende Windkraft, wie es die Passate doch sind, Strömungen erregt, ohne dass wesentliche Wellenbildungen oder Niveauerhöhungen zum Vorschein kommen, so wird sich die Wirkung auch noch in Gegenden fortpflanzen, die jener motorischen Kraft nicht ausgesetzt sind. Für die Richtung aber wird die Windrichtung nur so lange massgebend sein, als sich nicht unüberwindliche Hindernisse in den Weg stellen. Als solche haben wir aber die Küstengestaltung anzusehen, in zweiter Linie die im Ocean zerstreut liegenden Inseln, die unterseeischen Sandbänke. Wie wesentlich gerade die Küstenbildung für die Richtung des Golfstromes ist, wird von der deutschen Seewarte in ihrem Segelhandbuch für den atlantischen Ocean klar nachgewiesen. Dort wird auf den fast parallelen Verlauf der westlichen und östlichen Küstenlinie aufmerksam gemacht. Dazu wird durch die Form Südamerikas und die Lage des Cap Roque südlich vom Aequator die warme Aequatorialströmung zum grössten Teil auf die nördliche Halbkugel gedrängt. Halten wir nun damit noch den äusserst wichtigen Umstand zusammen, auf den Krümmel[1]) mit Recht aufmerksam macht, dass das nordatlantische Becken in Folge der geringen Breite der Meeresstrassen, durch welche es mit dem nördlichen Eismeer zusammenhängt, den Einflüssen desselben weit weniger ausgesetzt ist, als das südatlantische Becken den Einwirkungen des südlichen Eismeeres, so ist es ganz einleuchtend, dass gerade im nordatlantischen Becken ein solcher Meeresstrom sich geltend machen konnte. Wenn wir weiter vorhin bemerkten, dass die Passate als stationäre Triebfedern der Aequatorialströmung und ihrer Fortsetzung, der Antillen- resp. Floridaströmung, aufzufassen seien und der Einwurf nicht berechtigt erscheine, dass zeitweilig statt der Passate andere Windrichtungen sich geltend machten, ohne doch die von Zöppritz nachgewiesene Erregungserklärung der Strömungen zu alterieren, so lässt sich sogar daraus noch ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Zöppritzschen Darlegungen führen. Denn die unstetige Art des Antriebes offenbart sich auch in der grossen Unstetigkeit der Strömungserscheinungen[2]). Gerade so, wie die beiden Passatregionen je nach den Jahreszeiten sich verschieben, verschieben sich auch die Aequatorialströmungen. Denn vom Januar bis April macht sich der Nordostpassat in stärkster Weise geltend und bedingt eine starke südwestliche Strömung des nördlichen Aequatorialstroms; in den übrigen Monaten, wo sich der Südostpassat mehr geltend macht, setzt auch die Strömung mehr nach N. W. um und wird jedenfalls schwächer und unregelmässiger. Allgemein bekannt ist es auch, dass die Geschwindigkeit des Floridastromes in den Engen von Bemini zunimmt, wenn im atlantischen Ocean Ostwinde herrschen.

Fassen wir also die Resultate unserer Betrachtung zusammen, so erscheint als das Endergebnis:

1. Die Passate sind die Urheber der aequatorialen und Golfströmung und zwar nach den von Prof. Zöppritz dargelegten Gesetzen des molekularen Zusammenhangs.
2. Niveaudifferenzen und Erdrotation werden kaum einen nennenswerten Einfluss auf die Erzeugung der Meeresströmungen ausüben.
3. Die Temperaturdifferenz erscheint als ein geeigneter Factor, die bereits vorhandene Wasserbewegung noch mehr zu beschleunigen, zugleich aber auch den Strom in Folge erhöhter Cohäsionskraft bei seinem Wege in das offene Becken des nordatlantischen Oceans hinaus lange zusammenzuhalten.

---

[1]) S. 3.

[2]) Nach den Jahrbüchern der Hydrographie, herausgegeben von der deutschen Seewarte.

III. Einfluss auf das Klima Nordwesteuropas.

Diese höhere Temperatur des Aequatorial- und Golfstroms, welche überall 4—5° höher ist als die des umgebenden Wassers, in der Strasse von Florida 28° C.[1]) beträgt und nach dem Austritte der Strömung aus den Engen von Bemini in das offene Meer in Folge der beträchtlichen Breitezunahme abnimmt, bewahrt doch selbst im Winter ihre sommerliche Wärme. Dieselbe ist das charakteristische Merkmal dieser Strömung und wird auch von den Seeleuten neuerdings benutzt, um Ortsbestimmungen und besonders auch eine etwaige Annäherung an die Ostküste Nordamerikas festzustellen. So wird in den Annalen der Hydrographie angegeben[2]), dass das Eintreten in den Golfstrom von Südosten aus schroff gekennzeichnet war durch die stark steigende Temperatur des Wassers, durch die schnelle Zunahme des Windes und durch die Erscheinungen des Wetters mit den sehr eigentümlichen dampfartigen Wolken dicht über dem Wasser. Noch schärfer trat die nordwestliche Grenze des Golfstroms hervor, als das Schiff am Abend direct aus dem sehr warmen Golfstrom in den sehr kalten arktischen Strom lief. Solche Temperaturunterschiede bei geringen Entfernungen stehen einzig und ohne Gleichen da; sie liefern aber auch den Nachweis, wie schwer sich die Gewässer mit verschiedener Temperatur ausgleichen und vermischen. Aber auch noch in anderer Beziehung sind diese Temperaturunterschiede wichtig: sie sind die Veranlassung jener gefürchteten Nebel besonders in der Nähe von Neufundland. Denn während am Tage die Temperatur in der Mitte des Golfstroms nur um ein Geringes von der ihm zunächst liegenden Luftschicht sich unterscheidet, kühlt sich mit Sonnenuntergang die letztere schnell ab und hält den dem Wasser entsteigenden Wasserdampf auf der Oberfläche zurück, wie es auf der Grenze zwischen dem polaren und aequatorialen Strome auch schon am Tage der Fall ist. Diese Nebelmassen bedecken den westlichen Teil des nordatlantischen Oceans vorzugsweise in den Sommermonaten derart, dass der Seemann dort oft tage- und wochenlang keinen freien Horizont zu sehen bekommt. Namentlich bei Südwinden erfüllen hier dichte Nebelmassen die ganze Meeresoberfläche und machen dadurch die Navigation sehr schwierig und gefahrbringend. Doch nicht allein dieser Hauptfeind der Schiffahrt wird durch den Strom erzeugt; jene Gegend ist auch der Sammelplatz für Eisschollen und Eisberge. Solche werden von den Schiffen, die im Frühling und Sommer von Europa nach den Neuenglandstaaten bestimmt sind, zahlreich angetroffen. Besonders viele fanden sich im Mai 1882 und 1883 in diesen Gegenden: hat doch ein deutscher Postdampfer[3]) am 24. Mai 1882 in 24 Stunden nicht weniger als 351 solcher Eisberge gezählt. Wohl aber ist der Golfstrom als eine vortreffliche Grenzmauer zu betrachten, welche die Eisberge nur in den seltensten Fällen in den offenen Ocean hinaus gelangen lässt. Gewöhnlich kommen südlicher als 40° nördlicher Breite Eisberge nur selten vor, und es ist bis in die neueste Zeit nicht festzustellen gewesen, dass ein Eisberg den Golfstrom vollständig durchquert hätte[4]). Neben dem Golfstrom sind übrigens auch die Neufundlandsbänke von grosser Wichtigkeit insofern, als sie weniger als 100 m. unter dem Wasserspiegel liegend, den grösseren Eisbergen eine Grenze setzen, über die jene bei ihrem bedeutenden Tiefgange nicht hinauskönnen. So ist die ganze Nordostküste Nordamerikas teils durch den an ihr entlang fliessenden Polarstrom, auch Labradorstrom genannt, teils durch die Eisschollen und Eisberge resp. das aus ihnen sich ergebende Schmelzwasser derart in der Durchschnittstemperatur beeinträchtigt, dass jene in der Einleitung erwähnte Idee den Amerikanern durchaus wünschenswert erscheinen möchte, wenn eben dieselbe nur ernst zu nehmen wäre. Veranlassung zu lebhafter Steigerung solches Begehrens sind auch die Nachrichten, welche aus früheren Jahrhunderten wie eine Mär aus dem Wunderlande sich auf unsere Zeit übertragen haben. Der Name Winland für einen Teil des heutigen Nordamerika, die Thatsache, dass Europa seine Eiszeit gehabt hat, deuten darauf hin, dass die Florida-Strömung früher eine andere Richtung gehabt haben wird, die von manchen Forschern im

---

[1]) nach Jarz, S. 5.
[2]) Jahrgang 1879, S. 348.
[3]) nach dem Segelhandbuch.
[4]) nach dem Segelhandbuch.

Mississippithale entlang geführt wird, da die Alleghanys erst später die Ostküste Nordamerikas gegen den Ocean abgrenzten. In jenen Zeiten also, von denen uns die erratischen Blöcke Nordeuropas noch erzählen, die im grossen Halbbogen von Holland aus bis zu den Karpathen und dem Uralgebirge sich hinziehen und Sendboten aus Schweden und Norwegen sind, werden England und Skandinavien ihre Gletscher bis an das Meer hinabgesandt haben, Norddeutschland, Russland, Westsibirien waren der Boden eines Polarmeeres, in welches die Eisberge gerade so hineingeführt wurden als jetzt die Eisberge Grönlands in das Polarmeer. Aber die Erde änderte ihr Oberflächenprofil, da traten Hebungen, dort Senkungen ein, und mit ihnen ward der Golfstrom von den Ostküsten Amerikas hinweg nach Osten geführt, um dort mit seinen warmen Gewässern eine wesentliche Erhöhung der Durchschnittstemperatur zu bewirken. Wie gross der Segen ist, den der Golfstrom speziell für Nordwesteuropa hat, ist leicht zu ersehen, wenn wir die Wirkungen abmessen, die sich täglich in Bezug auf Temperatur und Witterung den aufmerksamen Augen von uns Küstenbewohnern offenbaren. Denn wie wir früher sahen, vereinigt sich nordöstlich von den Bemini-Engen der kleinere Floridastrom mit sehr hoher Temperatur mit dem achtmal so grossen Antillenstrom, und beide zusammen breiten sich vom 40° n. Br. an über viele Tausende von Quadratmeilen aus und bedecken die kälteren Gewässer des nordatlantischen Oceans gewissermassen mit einem warmen Mantel, wobei natürlich entsprechend dem Grössenverhältnisse der beiden Ströme der Wärmevorrat der Antillenströmung viel grösser ist als der der Floridaströmung. Diese höhere Temperatur des Wassers, die etwa um 4—5° durchschnittlich wärmer als die der angrenzenden Gewässer ist und nicht nur in der Mitte des Oceans sondern auch an den Westküsten und im hohen Norden Europas nachgewiesen wurde, ist nur aus dieser Verästelung des Golfstroms zu erklären. Ein klares Bild von dieser Einwirkung des Golfstroms erhalten wir durch die Wasserisothermen des atlantischen Oceans sowohl in horizontaler als auch in verticaler Richtung. Besonders stark tritt natürlich diese Kraft des Golfstroms im Winter hervor; an der ganzen Westküste Europas mildern diese erwärmten Wassermassen die Strenge des Winters und reichen bis über das Nordcap hinaus, wo sie die Vereisung des Meeres verhindern. Auch Kapitain Koldewey, der sich sonstigen Berichten über die Wirkung des Golfstroms auf die Temperaturverhältnisse Grönlands gegenüber sehr zweifelnd verhält, bestätigt aus eigener Erfahrung, dass die West- und Nordküste von Spitzbergen während der Sommermonate gewöhnlich ganz eisfrei wird, und dass das Eis von Jan Mayen und der Bäreninsel verschwindet. Dove nimmt an, dass der warme Strom an Sibiriens Küste entlang gehe, um bei der Behringsstrasse einzumünden. Ja man glaubt sogar vermuten zu dürfen, dass die letzten Ausläufer des Golfstroms am Nordpole wieder emporsteigen, um dort eisfreies Wasser zu bewirken[1]). Freilich wäre dies alles nicht möglich, vielmehr würde diese ganze unter dem Aequator und zwischen den Wendekreisen angesammelte Wärme schon auf dem ersten Teile des Weges verloren gehen oder doch wenigstens keinen so weiten Weg zurücklegen können, wenn nicht das Wasser ein sehr schlechter Wärmeleiter resp. das kalte, den Golfstrom umgebende Wasser einer der besten Nichtleiter der Wärme wäre. Mit Recht also vergleicht schon Maury die Golfwasser, zu denen wir nach den neuesten Untersuchungen mit noch grösserem Rechte die Antillenströmung hinzufügen können, mit einem Warmwasserheizungsapparat für den Norden des atlandischen Meeres und für das westliche Europa. Denn die Meteorologie lehrt, dass die vorhandenen Wind- und Meeresströmungen wesentlich zur Bildung des Klimas beitragen, da die innige Berührung der Meeresoberfläche und der untersten Luftschicht (welche namentlich bei unruhiger See stattfindet), eine bedeutende Temperaturverschiedenheit zwischen beiden nur auf sehr kurze Zeiträume zulässt. So hat schon A. v. Humboldt darauf aufmerksam gemacht, dass ein kaltes Küstenklima ein Beweis für kaltes Wasser resp. eine kalte Strömung sei. Umgekehrt trägt solch ein ungeheures Volumen erwärmten Wassers auch natürlich eine milde und feuchte Atmosphäre mit sich über den Ocean, um sie an die Luft Westeuropas abzugeben. Diesen Vorgang begünstigen die im nordatlantischen Oceane vorherrschenden westlichen Winde, welche diese milde und feuchte Atmosphäre in sich aufnehmen, selbst eine höhere Temperatur erhalten und über dem nordwestlichen Europa ange-

[1]) Besonders Petermann hat diese Ansicht sehr entschieden verfochten.

langt, die mitgebrachte Wärme und Feuchtigkeit an jenes abgeben[1]). Freilich ist die unmittelbare Einwirkung des Golfwassers stets eindringlicher und anhaltender als die Beeinflussung durch die Winde. Denn Bremerhaven hat im Winter im Mittel 2° Wärme mehr als Bremen; Irlands Westküste hat stets wenigstens 2° mehr als die Ostküste. Abgesehen aber von diesem Unterschiede, der auf der unmittelbaren oder nur mittelbaren Einwirkung des Golfwassers resp. auf dem schon oben erörterten Umstande beruht, dass die Temperatur der Luft über dem Meere sich weit langsamer und weniger ändert als die der Luft über dem festen Lande, sind die Temperatur-Unterschiede, wie aus den Isothermenkarten[2]) hervorgeht, ersichtlich sehr wesentlicher Art. Unter gleicher Breite liegend haben z. B. New-York und Neapel 10,0° und 16,3°; Halifax und Bordeaux 5,5° und 12,8°; die Ostspitze von Labrador, Dublin und Hamburg 0,5°; 10,3°; 8,5°; Kap Farewell und Bergen 0,3° und 6,9° Jahrestemperatur. Hammerfest und die Behringsstrasse, Drontheim mit seinen Obstgärten und die Tschuktschen-Halbinsel, Holstein und Kamtschatka liegen unter denselben Breitengraden. Irlands Westküste unter dem 52. Breitengrade ist doch gerade so warm als die Küste der Vereinigten Staaten Nordamerikas unter dem 38.°, während unter der erstgenannten Breite auf der Westseite des Oceans die Küsten Labradors von ewigem Eise starren. Der Hafen von St. Johns in Neufundland war im Jahre 1831 bis zum Monat Juni durch Eis gesperrt, während die Wesermündung ebenso wie die Häfen an der Süd- und Westküste Englands auch im Winter stets offen und eisfrei[3]) bleiben. Freilich geben die Jahres-Isothermen noch keine richtige Anschauung von den wirklichen klimatischen Verhältnissen der Erde, vielmehr müssen zur Feststellung derselben die Monats-Isothermen herangezogen werden. So hat z. B. Astrachan 9,5° und Dublin 10,1° mittlere Jahrestemperatur, beide Orte unterscheiden sich also nur um 0,6°. Aber Astrachan hat im Januar — 6,4°, Dublin dagegen in demselben Monat + 5,1°, also 11,5° mehr als ersteres. Im Juli ist wiederum Astrachan um 8,7° wärmer als Dublin, da ersteres 24,5° letzteres nur 15,8° mittlere Monats-Temperatur hat. Noch viel schroffere Gegensätze zum westlichen Europa weisen Nordamerika und Sibirien auf. Denn nach den Mitteilungen, welche von der Zeitschrift „La Nature" über die niedrigsten Temperaturen der letzten 15 Jahre im Februar 1886 veröffentlicht wurden, sind im Jahre 1873 in Pembroke (Kanada) — 42° C., im Fort Reliance gar — 56¾° beobachtet worden. In Werkojansk (Sibirien) sank das Thermometer wiederholt auf — 55°, also noch tiefer als in dem berüchtigten Irkutsk, wo 45° Kälte im Januar nichts ungewöhnliches sind, obwohl es nur 6° nördlicher liegt als Edinburg. — Der Golfstrom macht ferner auch in folgender Weise seinen segensreichen Einfluss auf das Klima Westeuropas geltend. Indem nämlich die dunstreichen, wolkenbildenden Westwinde, die dem Golfstrom ihre Eigentümlichkeit wesentlich mit verdanken, sich über Westeuropa ausdehnen, bieten sie zugleich den besten Schutz gegen ein allzu starkes Sinken der Temperatur. Denn wie schon Dove nachdrücklich betont hat, spielt die Bewölkung des Himmels eine sehr wichtige Rolle in der Gestaltung des Klimas. Die hohen Kältegrade des sibirischen und nordamerikanischen Winters entstehen nämlich durch die Trockenheit und Klarheit der Luft und die von ihnen begünstigte Ausstrahlung und Abkühlung des Erdbodens während der langen Winternächte. Dagegen hüllen die dunstgeschwängerten Westwinde unser Westeuropa in ihren schützenden Mantel ein und halten die am Tage im Erdboden aufgespeicherte Wärme daselbst zurück. So erklärt sich auch die oben erwähnte Thatsache, dass Orte mit gleicher Jahres-Durchschnittstemperatur doch im Sommer und Winter weit auseinander gehen. Dadurch wird eben auf das deutlichste das Continentalklima Nordamerikas und Asiens im Gegensatze zu dem oceanischen, durch den Golfstrom noch wesentlich gemilderten Klima Westeuropas gekennzeichnet.

[1]) Nach Dr. Hann, „Allgemeine Erdkunde" ist nämlich das Verhältnis der Winde in Bezug auf Häufigkeit folgendes: Mittlere Häufigkeit der Winde in Procenten:

Winter.	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Westeuropa	6	8	9	11	13	25	17	11
Ostasien	12	7	6	4	4	9	24	34
Oestl. Nordamerika	12	11	6	7	9	15	15	25

Sommer.	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Westeuropa	9	8	7	7	10	22	21	17
Ostasien	7	9	17	22	16	10	9	10
Oestl. Nordamerika	8	9	7	10	17	23	12	14

In Westeuropa ist also im Winter wie im Sommer der Südwest der vorherrschende Wind.

[2]) cf. den Atlas zum Segelhandbuch.

[3]) abgesehen von Treibeis.

Solange nun der Wasserdampf in der Luft als Nebel oder Wolke vorhanden ist, wirkt er in eben angegebener Weise als Schirm gegen die Ausstrahlung der Erdwärme. Verdichtet sich aber der Wasserdampf in Regen, dann leistet er den davon betroffenen Gegenden auch in klimatischer Beziehung unschätzbare Dienste. Bekanntlich tritt nun diese Verdichtung besonders dann ein, wenn ein feuchter Luftstrom in die kälteren Luftschichten emporsteigt, oder wenn warmfeuchte Luft mit der kälteren Erde in Berührung kommt. Dies ist aber besonders an den europäischen Westküsten im Winter der Fall. So bringen die vorherrschenden westlichen Winde reichliche Feuchtigkeit an unsere Westküste und schlagen sie zum Teil in Form von Regen nieder. Ist aber die Küste oder das hinter ihr liegende Land auch noch gebirgig, wie ja der grösste Teil der europäischen Küste, so wird die feuchtwarme Luft gezwungen, emporzusteigen und verdichtet sich zu jenen Regen, welche die Briten und auch wir Küstenbewohner gründlich kennen. Weiter wird aber durch solche sehr häufige Verdichtung des Wasserdampfes die ihm innewohnende latente Wärme in reichlichem Masse frei. Also liefern diese Schutz- und Regenspender auch noch einen wesentlichen Wärmezuschuss, durch den die mittlere Temperatur Westeuropas ebenfalls erhöht wird. Denn nach Haughton[1]) giebt ein 1 g. Wasserdampf bei seiner Verdichtung soviel Wärme ab, dass er 536 g. Wasser um 1 °C. erwärmt. Dann würde also 1 l. Regen genügend Wärme frei machen, um 8 kg. Eis zu schmelzen.

Schliesslich ist noch folgende wesentliche Beeinflussung des europäischen Klimas durch den Golfstrom anzuführen. In einem Vortrage[2]) nämlich, welchen Hoffmeyer in der Meteorologenversammlung zu Paris im August 1878 „über die Verteilung des Luftdrucks über dem nordatlantischen Ocean während des Winters und deren Einfluss auf das Klima von Europa“ gehalten hat, kommt er zu dem Ergebnisse, dass „der Charakter des Wetters, welches über dem Norden von Europa herrscht, ganz und gar von der Herrschaft abhängt, welche das eine oder das andere der barometrischen Minima des nordatlantischen Oceans erlangt.“ Ihrem Einflusse hat Teisserenc de Bort[3]) den der grossen barometrischen Maxima gleichgestellt, da aus ihren wechselseitigen Beziehungen, Verschiebungen und Umwandelungen die Witterungszustände Europas erfolgten. Diese Unregelmässigkeit in der Luftdruckverteilung wird nun aber durch die ungleichmässige Erwärmung von Land und Wasser hervorgerufen, so dass daselbst der Herd der grossen barometrischen Maxima und Minima zu suchen ist. Für die nördliche Halbkugel sind die beiden grossen dauernd bestehenden barometrischen Hauptmaximalgebiete das sibirische und das azorische. Letzteres aber gehört ganz und gar in den Bereich der äquatorialen Strömungen, bedingt also in hervorragender Weise die Windrichtung und damit das Klima Europas.

Ohne nun weiter auf den gewaltigen Einfluss einzugehen, den die Maximal- und Minimalgebiete in klimatischer Beziehung ausüben, und der erst seit einigen Jahren in Folge ausgedehntester Beobachtungen in seiner vollen Bedeutung allgemein gewürdigt wird, dürfte es dem Zwecke dieser Arbeit schon genügend entsprechen, auf den Zusammenhang, der zwischen diesen Luftdruckgebieten und den Temperaturverhältnissen des Golfstroms vorhanden ist, hingewiesen zu haben.

Jedenfalls aber ersehen wir aus den vorhergehenden Betrachtungen, dass der Golfstrom unmittelbar und mittelbar ein wunderbarer Wohlthäter Europas und besonders seines westlichen Teiles ist. Wir dürfen also voll und ganz dem Urteile von Kohl in seiner „Geschichte des Golfstroms“ zustimmen, der da sagt: „Während nun die Länder, an denen der kalte Strom mit seinen Eismassen entlang zieht, menschenarme und baumlose Wildnisse sind, findet man unter denselben und noch höheren Breitengraden Wälder, Ackerbau und prachtvolle Residenzen, Welthandelsstädte in den Ländern, wohin der Golfstrom entweder direct mit seinen warmen Gewässern oder durch die warme dunstreiche Luft gelangt.“

---

[1]) Physical Geographie, S. 126.
[2]) Mitgeteilt im 1. Jahrg. der deutschen meteorolog. Zeitschrift.
[3]) étude sur l'hiver de 1879—80 etc.